

увеличению выхода жидких продуктов из эпоксидной смолы. Основными продуктами сольволиза эпоксидных смол являются фенол и *n*-изопропилфенол.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем для разработки технологии утилизации изделий на основе эпоксидных смол, в том числе ПКМ.

#### Список использованных источников

1. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. СПб. : Научные основы и технологии, 2008. 822 с.
2. Петров А. В., Дориомедов М. С., Скрипачев С. Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды ВИАМ. 2015. №. 8. Ст. 9 [Электронный ресурс]. URL: <http://viam-works.ru/ru/articles?year=2015&num=8> (дата обращения 25.11.17)
3. Андрейков Е. И., Сафаров Л. Ф., Первова М. Г., Мехеев А. В. Пиролиз поликарбоната в среде каменноугольного пека // Химия твердого топлива. 2016. Т. 88. № 1. С. 13–21; Andreikov E. I., Safarov L. F., Pervova M. G., Mekhaev A. V. Pyrolysis of polycarbonate in coal-tar pitch // Solid Fuel Chemistry. 2016. V. 50. N. 1. P. 12–19.
4. Андрейков Е. И., Кабак А. С., Первова М. Г. Использование каменноугольного пека для утилизации отработанной фенольной смолы // Кокс и химия. 2016. № 12. С. 22–27.

УДК 661.183.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ РАЗНЫХ ВИДОВ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ АДСОРБЦИИ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ**

### **USE OF DIFFERENT TYPES OF ACTIVE CARBONS IN ADSORPTION PROCESS OF PRECIOUS METALS**

Филатов К. С., Золотарева Е. Г., Седов Н. П.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
zolot-eg@mail.ru

Filatov K. S., Zolotareva E. G., Sedov N. P.

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** В работе рассмотрены разные виды активированных углей для использования в процессе адсорбции драгоценных металлов из растворов выщелачивания. Показаны марки промышленных сорбентов, обладающие наилучшими сорбционными свойствами. Выявлен один из путей повышения сорбционной способности в процессе производства на примере одного из видов углеродных сорбентов.

**Abstract:** In the article the different types of activated carbons for using in adsorption process of precious metals from solution leaching is considered. Brand industrial sorbents possessing better sorption properties are considered. One of the types of carbon sorbents is revealed by the example of one way of increasing the sorption capacity of the manufacturing process.

**Ключевые слова:** адсорбция; активированные угли; растворы выщелачивания; драгоценные металлы

**Key words:** adsorption; activated carbon; the leach solution; precious metals

Основным способом извлечения драгоценных металлов из продуктивного раствора выщелачивания является адсорбция на сорбентах, используемых в общепромышленных целях. Особенности этого процесса являются малые концентрации целевых компонентов в продуктивных растворах, низкая рН среды и их высокая агрессивность вследствие наличия остатков «активного» хлора. Исходя из этих условий, применяемые сорбенты должны обладать определенными качествами. В публикации о результатах исследования, выполненного с целью определения оптимального сорбента для извлечения золота из продуктивного раствора, сделан вывод о том, что наиболее технологически и экономически эффективный сорбент для условий подземного выщелачивания – активный уголь одноразового использования [1].

На полигоне скважинного подземного выщелачивания ООО «Геоприд» были выполнены опытно-промышленные испытания

способа скважинного подземного выщелачивания, включавшие, в том числе, и испытания сорбентов. Были испытаны активные угли 14 марок и ионообменная смола типа АВ-17 (анионит). При близкой емкости по золоту анионита и углей, учитывая тот момент, что под воздействием хлорсодержащего раствора способность анионита к регенерации теряется (как и активных углей), экономически выгоднее применять одноразовые активные угли. Работами ООО «Геоприд» совместно с кафедрой химической технологии топлива и промышленной экологии химико-технологического института УрФУ были выполнены исследования по изучению технологических свойств активных углей и их выбору из 14 марок. Исследования растворов и сорбентов проводились в лаборатории кафедры ХТТ и ПЭУрФУ, а результаты испытывались в промышленном варианте на действующей сорбционной установке ООО «Геоприд».

В ходе экспериментов испытывались следующие марки активных углей: АГ-3, китайской фирмы «Datong» (без заявленной марки), АГ-95, ТВЗ, АБГ-Д, АД 0,5-2, «Indocarb», три сорбента китайского производства аналогов известным маркам: АГ-3, «GOLDSORB», APB и еще четыре сорбента, включая анионит АВ-17.

Результаты экспериментов показали, что лучшими сорбционными свойствами при извлечении золота из хлорсодержащих растворов обладают активные угли марок ТВЗ и АД 0,5–2 (содержание золота в концентрате на момент остановки процесса 2,1090 г/кг и 2,3362 г/кг соответственно). Данные марки на сегодняшний день в силу некоторых экономических и технологических аспектов применяться не могут. Широко используемый сегодня АГ-3 имеет сорбционные свойства практически одинаковые с АБГ-Д, но поскольку АБГ-Д значительно дешевле (на 38 %), его использование экономически выгоднее (содержание золота в концентрате 3,2056 г/кг и 2,1130 г/кг соответственно) [2].

Следует отметить, что сорбционные свойства активных углей зависят от соблюдения технологии его изготовления поставщиками-изготовителями. Имели место случаи, когда сорбент, например АБГ-

Д [3], набирал золота до 6 кг/т, хотя обычно это 1,2–1,7 кг/т. Для выявления причины увеличения сорбционной способности, был проведен термический анализ следующих образцов сорбента АБГ-Д на термогравиметрическом приборе NETZSCH STA 449F3: образец № 1 – исходный, до адсорбции; образец № 2 – отработанный после адсорбции с наибольшим содержанием золота (5 г/кг); образец № 3 – отработанный после адсорбции с обычным содержанием золота (1 г/кг).

Первоначально сделанное предположение о том, что время активации второго сорбента превысило время активации других образцов, и что это привело к более плотной упаковке углеродных слоев и увеличению эффективного размера кристаллитов, нашло подтверждение при анализе полученных термограмм образцов.

Сравнение температуры начала горения (образцы № 1, 2, 3 соответственно 295 °С, 326 °С, 302 °С) свидетельствует о наибольшей реакционной способности образца № 1 и о незаполненности его пор адсорбатом. Исходя из того, что чем выше температура максимума экзотермического эффекта, тем плотнее упаковка углеродных слоев вещества угля, у образца № 2 упаковка плотнее, чем у образцов № 1 и № 3, что связано с большей продолжительностью воздействия высокой температуры при активации углеродсодержащего сырья в процессе изготовления. Вследствие этого содержание углерода на единицу массы образца угля № 2 выше, чем у двух других образцов. Это подтверждает и сравнение площадей пиков термограмм.

В соответствии с [4] для образцов активных углей прогрессирующей активации наблюдается удовлетворительная корреляция между усредненным размером кристаллита и шириной микропор: увеличение эффективного размера кристаллитов сопровождается ростом не только среднего размера микропор, но и их объема. В нашем случае прогрессирующая активация второго образца привела к увеличению объема микропор, и, как следствие, к увеличению сорбции по золоту.

Таким образом, использование в адсорбционной технологии извлечения драгметаллов из продуктивных растворов выщелачивания активированного угля марки АБГ-Д, прошедшего передержку в

процессе активации при изготовлении, является привлекательным не только с экономической позиции, но и позволит увеличить эффективность процесса при снижении энергетических и эксплуатационных затрат.

#### Список использованных источников

1. Разработка способа извлечения золота из продуктивных растворов кучного и подземного выщелачивания с применением нерегенерируемых активированных углей одноразового использования / М. Ф. Шереметьев, М. И. Хараш, М. И. Фазлуллин. М. : ИД «Руда и Металлы», 2005. 328 с.
2. Седов Н. П. Оптимизация технологических параметров скважинного подземного выщелачивания драгоценных металлов (На примере месторождения Долгий Мыс): дис. ... канд. техн. наук / УГГУ. Екатеринбург, 2008. 116 с.
3. Способ получения адсорбента: пат. 2014882 РФ / Исламов С. Р., Степанов С. Г., Морозов А. Б., Славин В. С.; № 92004035/26 Заявл. 11.11.1992. Опубл. 30.06.1994.
4. Активные угли России / В. М. Мухин, А. В. Тарасов, В. Н. Клушин / под общ. ред. проф., д. т. н. А. В. Тарасова. М. : Metallurgia, 2000. 352 с.

УДК 691.53

## **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕСКА, ПОЛУЧЕННОГО ДРОБЛЕНИЕМ КИРПИЧНОГО ЛОМА**

## **THE STUDY OF THE PROPERTIES OF SAND OBTAINED CRUSHING BRICK SCRAP**

Хайдарова Э. М., Доманская И. К.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

elmira.haidarova@ya.ru

Khaydarova E. M., Domanskaya I. K.

Ural Federal University, Yekaterinburg

**Аннотация:** Проведены испытания песчаной фракции дробленого кирпичного лома в соответствии с требованиями